

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-060845

(43)Date of publication of application : 28.02.2002

(51)Int.CI.

C21D 9/00  
 B22C 9/06  
 B22D 17/22  
 B24C 1/10  
 C21D 7/06

(21)Application number : 2000-241497

(71)Applicant : YAMANASHI PREFECTURE

(22)Date of filing : 09.08.2000

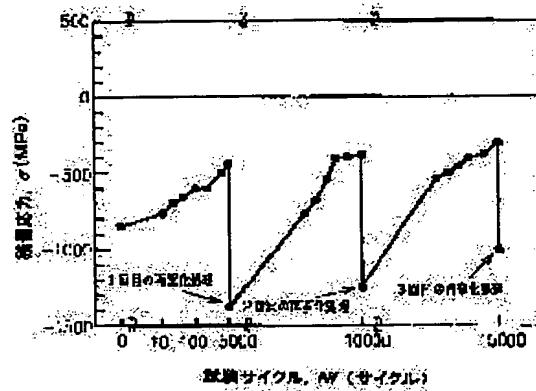
(72)Inventor : HIHARA MASAHIKO  
YASHIRO KOJI

## (54) METHOD FOR PROLONGING SERVICE LIFE OF DIE CASTING DIE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prolong the service life of a die casting die by maintaining the compressive residual stress of a die casting die using alloy tool steel for a hot die as a base material even in the process of a casting stage.

**SOLUTION:** In a die casting die using alloy tool steel for a hot die as a base material and whose surface is subjected to nitriding treatment, in the process of casting, when the residual stress of the surface nitriding treated layer reaches the about half of the initial value, re-nitriding treatment is performed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-60845  
(P2002-60845A)

(43)公開日 平成14年2月28日 (2002.2.28)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
C 21 D 9/00  
B 22 C 9/06  
B 22 D 17/22

識別記号

F I  
C 21 D 9/00  
B 22 C 9/06  
B 22 D 17/22

テ-マコ-ト(参考)  
M 4 E 0 9 3  
Q 4 K 0 4 2  
D  
R  
Q

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全6頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-241497(P2000-241497)

(22)出願日 平成12年8月9日(2000.8.9)

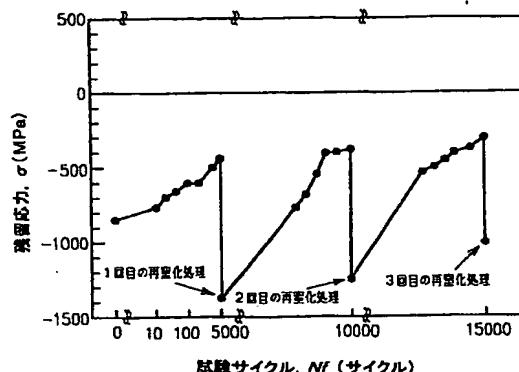
(71)出願人 391017849  
山梨県  
山梨県甲府市丸の内1丁目6番1号  
(72)発明者 日原 政彦  
山梨県甲府市大津町2094番地 山梨県工業  
技術センター内  
(72)発明者 八代 浩二  
山梨県甲府市大津町2094番地 山梨県工業  
技術センター内  
(74)代理人 100097043  
弁理士 浅川 哲  
Fターム(参考) 4E093 NA01 NB08  
4K042 AA25 BA03 BA04 DA06

(54)【発明の名称】 ダイカスト金型の高寿命化方法

(57)【要約】

【課題】 热間金型用合金工具鋼を母材とするダイカスト金型の圧縮残留応力を鋳造工程の中でも持続させることによって、ダイカスト金型の高寿命化を図ること。

【解決手段】 热間金型用合金工具鋼を母材とし、表面に窒化処理が施されているダイカスト金型において、鋳造をしていく中で表面窒化処理層の残留応力が初期値の約半分以下になった時に再窒化処理を施す。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 熱間金型用合金工具鋼を母材とし、表面に窒化処理が施されているダイカスト金型に、鋳造工程の中で再窒化処理を施すことを特徴とするダイカスト金型の高寿命化方法。

【請求項2】 前記熱間金型用合金工具鋼を母材とするダイカスト金型の表面に、窒化処理とショットピーニング加工が施されていることを特徴とする請求項1記載のダイカスト金型の高寿命化方法。

【請求項3】 前記鋳造工程の中で行なう再窒化処理は、表面窒化処理層の残留応力が所定値以下になった時に施すことを特徴とする請求項1記載のダイカスト金型の高寿命化方法。

【請求項4】 前記残留応力の所定値は初期値の50%であることを特徴とする請求項3記載のダイカスト金型の高寿命化方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、熱間金型用合金工具鋼（以下SKD61材という）を母材とし、表面に窒化処理が施されてなるダイカスト金型の高寿命化方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来からダイカスト鋳造においては、アルミニウム合金や亜鉛合金などの溶融金属の射出による金型表面の急激な加熱と、凝固した製品取出し後の離型材塗布による急激な冷却によって、圧縮と冷却が繰り返され、これに起因して金型表面に格子状のクラック（ヒートチェック）が発生するなど、金型の寿命が低下するといった問題があった。

【0003】 従来、この種の問題を解決する手段として、例えばSKD61材を母材としたダイカスト金型の製造時に金型表面に窒化処理を施し、金型表面に数10～数100μmの窒化層を形成して、圧縮残留応力を付与する方法が知られている。窒化処理の手段としては、塩浴軟窒化、ガス窒化、ガス軟窒化、プラズマ窒化等があり、いずれの処理法で硬化せてもピッカース硬さがHV700～1200となるため、金型母材のピッカース硬さHV450～550に比べてかなりの改善が見られる。また、それによる圧縮残留応力の最大値が-100～-1200MPa程度となることから、金型表面のクラックが抑えられることになり、金型寿命の向上が図られていた。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来の改善方法では、金型製造時に窒化処理を表面に1回施すものであったので、必ずしも十分とは言えなかつた。即ち、鋳造工程の中で、高温度（600～750℃）のアルミニウム合金や亜鉛合金などの溶融金属と金型表面が繰り返し接触することで徐々に窒化層が分解

し、窒化処理によって付与された硬さ及び圧縮残留応力が次第に低下してしまうからである。また、窒化層の分解によってクラックが発生した場合には、鋳造製品にクラックがスジ状に転写してしまうなどの問題がある。さらに、クラックが発生したダイカスト金型を補修する場合には肉盛溶接による大掛かりな金型補修が必要となるため、補修費用が高額になると共に、長期間の操業停止によって生産性の低下を招いていた。

【0005】 そこで本発明の目的は、SKD61材を母材とするダイカスト金型の圧縮残留応力を鋳造工程の中でも持続させることによって、ダイカスト金型の高寿命化を図ることである。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するために、本発明の請求項1に係るダイカスト金型の高寿命化方法は、SKD61材を母材とし、表面に窒化処理が施されているダイカスト金型に、鋳造工程の中で再窒化処理を施すことを特徴とする。

【0007】 この発明によれば、ダイカスト金型の表面に施している窒化処理を従来のように1回だけでなく、鋳造過程の中で再度実行するようにしたので、ダイカスト金型の表面での圧縮残留応力の低下が抑えられ、金型の耐久年数を飛躍的に延ばすことができる。

【0008】 また、請求項2の発明は、請求項1記載のダイカスト金型の高寿命化方法において、前記熱間金型用合金工具鋼を母材とするダイカスト金型の表面に、窒化処理とショットピーニング加工が施されていることを特徴とする。

【0009】 この発明によれば、窒化処理と同時にショットピーニングを実行することで、ダイカスト金型の表面組織を微細化し、窒化層を強固なものとすることができる。

【0010】 また、請求項3の発明は、請求項1記載のダイカスト金型の高寿命化方法において、前記鋳造工程の中で行なう再窒化処理は、表面窒化処理層の残留応力が所定値以下になった時に施すことを特徴とする。

【0011】 また、請求項4の発明は、請求項3記載のダイカスト金型の高寿命化方法において、前記残留応力の所定値は初期値の50%であることを特徴とする。

【0012】 上記請求項3及び請求項4の発明によれば、金型表面に形成された窒化処理層の残留応力の値に基づき、再窒化処理の施行時期を適切に決めることができる。

## 【0013】

【発明の実施の形態】 以下、本発明の第1実施形態に係るダイカスト金型の高寿命化方法を説明する。ダイカスト金型の母材にはSKD61（JIS-G4404規格）が用いられ、これを所定の金型形状に加工する。加工後に熱処理（焼入れと焼戻し）を行ない、ピッカース硬さHV450～550に設定する。さらに、熱処理終

了後に仕上げ加工を行ない、最終の金型形状に仕上げる。

【0014】次に、上記最終形状に仕上げられたダイカスト金型に窒化処理を施す。この窒化処理は、真空炉又は大気炉を用い、窒素ガスやアンモニアガスの分解並びに表面に塗布する窒化促進剤により、ダイカスト金型の表面に窒素を侵入させて表面を硬化させるものである。処理温度は500~600°C、処理時間は1~10時間の範囲で条件を選択することにより、各種の窒化処理層を得ることができる。

【0015】また、上記ダイカスト金型の表面組織を微細化して窒化層を強固なものとするために、前記窒化処理の前工程において、又は前記窒化処理の前工程と後工程の両方で、ショットピーニングを施すことが望ましい。このショットピーニングは、カーボランダム、ガラスビーズ、セラミックス、鋼球等の微細粒子(0.1~200μm径)を高速でダイカスト金型の表面に吹き付け、微細粒子の衝突によって金型表面に圧縮応力を形成したり、表面をクリーンな状態にする加工方法である。\*

$$\sigma = \frac{E}{2(1-\nu)} \cot\theta_0 \cdot \frac{\pi}{180}$$

ここで、E:ヤング率、ν:ポアソン比、θ₀:測定試料の無ひずみ状態における回折角である。なお、前記式(1)において、

【0018】

$$- \frac{E}{2(1-\nu)} \cot\theta_0 \cdot \frac{\pi}{180}$$

の項は、X線的応力定数と定義されて測定材に依存する。例えば、フェライト系の鉄鋼材料は、-297(MPa/deg)である。

【0019】この再窒化処理は、前記ダイカスト金型の製造工程における窒化処理と同じ方法によって行われるが、初回の窒化処理に比べて多少緩やかな条件で行なうのが望ましい。例えば、処理温度を初回条件と同じにした場合には処理時間を5~30%程度短縮させ、処理時間を初回条件と同じにした場合には処理温度を5~10%程度低下させる。なお、初回の窒化処理条件と全く同じ条件で再窒化処理を施しても問題はない。

【0020】また、この実施形態では、再窒化処理の際にも、窒化処理前に金型表面の酸化物を除去したり、極微細に発生したクラックの除去を目的としたショットピーニング加工を施すのが望ましい。このショットピーニング加工も、基本的には金型製造にならった加工法と同じである。

【0021】再窒化処理が終了した後に行なう鋳造工程においても、上記の残留応力測定及びX線回折線幅測定を所定のショット毎に行ない、上記と同様にこれらの測定値が所定の低下量に到達した時点で再び鋳造を中断

\* 【0016】次に、上記のようにしてショットピーニング加工と窒化処理が表面に施されたダイカスト金型によってアルミニウム合金などの鋳造を行なうが、その鋳造過程で金型表面の窒化処理層が次第に分解し、クラック発生の原因となる残留応力の値や回折線の幅が低下する。そこで、この実施形態ではダイカスト鋳造の際に、X線応力測定法によって所定のショット毎(例えば100ショット毎)に金型表面の残留応力を測定し、同時にX線回折線の幅(例えば半価幅)も測定する。そして、これらの測定値が所定の低下量(例えば初期値の50%)に到達した時点で鋳造を一旦中断し、ダイカスト金型に対して再び窒化処理を施す。X線応力測定法とは、測定材から得られるX線の回折線(一般に回折角が高角度側)を用いて、多結晶体材料の表層部の応力を測定する手法である。特定の回折線を利用して、測定材への入射角φを変化させ、その都度回折角2θを測定する。その結果から下記の式(1)により応力σを求める。

【0017】

$$\frac{E}{2 \sin^2 \phi} \dots (1)$$

し、上記と同様の窒化処理を施す。このように、鋳造の途中でも金型表面の残留応力が所定値より小さくなった時には鋳造を中断して窒化処理を繰り返すことで、ダイカスト金型の継続使用が可能となり、金型の寿命を飛躍的に延ばすことができる。

【0022】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係るダイカスト金型の高寿命化方法によれば、鋳造を続けていく上で金型表面に再窒化処理を繰り返して施すようにしたので、金属表面の残留応力が継続的に維持されることで健全な窒化処理層を維持でき、クラックなどの発生を抑制できると共に、結果的に鋳造製品の品質が一定に確保される。また、窒化処理と一緒にショットピーニングを併用することによって、金型の表面組織が微細化され窒化層が強固なものとなるので、微細なクラックの発生を防ぐことができると共に、仮に微細クラックが発生したとしても容易に除去される。さらに、クラックの発生 자체が抑えられる上に、クラックの発生前、あるいはクラック発生の初期段階で金型を補修できるので、補修費用が安く抑えられると同時に補修時間が短縮されるために生産性が向上するといった効果を奏する。

【0023】

【実施例】以下、実施例について説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

(実施例1)

試験片の作製

図1は、この実施例で使用する試験片1の形状を示したものである。この試験辺は、SKD61材を直径58mm

m、厚さ20mmの円盤状に機械加工し、これに焼入れと焼戻しを施して50±1HRCの硬さに熱処理を施した。また、試験片1の上部には保持部2が突出形成され、下面には端面から15mmの位置を中心として縦・横10mm角の測定点3が対角線上に4箇所設けられている。

【0024】図2は、上記試験片1における熱処理条件を示したものである。焼入処理は、600°Cで20分、800°Cで30分、1020°Cで60分と段階的に行い、窒素ガスで冷却した後、580°Cと575°Cそれぞれ4時間ずつ2回の焼戻し処理を行なった。

【0025】図3は、上記熱処理を行なった後の窒化処理条件を示したものである。この実施例では窒化処理の前後の工程で、それぞれ異なる条件でショットピーニング加工を施した。前工程におけるショットピーニングでは、直径50~100μmのカーボランダムを噴射圧力0.3MPaで60秒投射し、後工程におけるショットピーニング加工では、直径1~50μmのガラスビーズを噴射圧力0.4MPaで60秒投射する。窒化処理工程では試験片1をアンモニアガス雰囲気中に配置し、530°Cで5時間保つことによって、試験片1の表面に窒素を侵入させて表面を硬化する。このようにして、ショットピーニング加工と窒化処理を施した試験片1に対して、下記に示した各種試験を行なった。なお、ショットピーニングは、前述のカーボランダム及びガラスビーズ以外に鋼球やセラミックスなどの粒子を用いて行なうことができる。

#### 【0026】熱疲労試験

熱疲労試験は、温度制御された加熱ブロックに試験片1を接触させ、表面を所定温度まで上昇させて一定時間保持したのち急速に冷却し、これを1サイクルとして何回も繰り返して残留応力などを測定するものである。具体的には試験片1の加熱ブロックに接触させ、試験片1の表面温度を570°Cになるまで加熱(160秒)後、水槽中へ投入し、約100°Cまで冷却(15秒)させる接触加熱方式の試験機で行なった。5×10<sup>3</sup>サイクル毎に再窒化処理を図3に示したのと同じ条件で施し、最大15×10<sup>3</sup>サイクルまで試験を行なった。なお、5×10<sup>3</sup>サイクル毎の再窒化処理は、試験片1の表面の残留応力が初期値の約1/2になったとき、目安として0~−500MPaの範囲内となった時点で行なうのが望ましい。

【0027】残留応力および半価幅の測定は、所定のサイクル毎に試験を中断して行なった。X線応力測定には、株式会社リガク製のMSF-2Fを測定装置として用い、平行ビーム法により並傾法で行なった。

#### 【0028】表面残留応力の変化

図4は上記熱疲労試験過程における試験片表面の残留応力の変化を示したものである。これによれば、試験前は−1000MPa近傍の圧縮残留応力が認められる。サイ

クル数の増加に伴って次第に減少し、5×10<sup>3</sup>サイクルで約−500MPaとなり、初期応力値の約半分まで低下した。これは、熱疲労試験時の加熱による窒化処理層の分解並びに熱サイクルの繰り返しによるクラックの発生に起因したものと考えられる。この5×10<sup>3</sup>サイクルで再窒化処理を施すと、圧縮残留応力は約−1300MPaまで改善した。また、10×10<sup>3</sup>サイクル及び15×10<sup>3</sup>サイクルにおける再窒化処理前後の残留応力変化は、先の5×10<sup>3</sup>サイクルと同様な傾向を示し、圧縮残留応力が0~−500MPaの範囲内となったときに再窒化処理を施すと、再び約−1000MPa以上に回復させることができた。

#### 【0029】半価幅の変化

図5は上記熱疲労試験過程における回折線の半価幅変化を示したものである。半価幅の値は、図4における残留応力測定時の値を用いた。これによれば、各試験片とともに、試験過程でサイクル数が増えるのとは逆に半価幅が低下し、5×10<sup>3</sup>サイクル、10×10<sup>3</sup>サイクル及び15×10<sup>3</sup>サイクル毎に行なった再窒化処理によって増加した。これらの半価幅の変化に影響を及ぼす要因としては、窒化処理層における不均一ひずみの発生が考えられる。

#### 【0030】クラック測定

図6は上記熱疲労試験過程において、5×10<sup>3</sup>サイクル毎に発生した試験片のクラック数を示したものである。図1で示した試験片の4箇所の測定点3に存在したクラック数を測定した結果である。これによれば、クラック数は、5×10<sup>3</sup>サイクル後には520本であったものが、10×10<sup>3</sup>サイクル後には352本へ減少した。15×10<sup>3</sup>サイクルには更に140本に減少して、5×10<sup>3</sup>サイクル時と比較した場合約1/4にまで減少した。

【0031】図7は、再窒化処理を施した試験片(再窒化処理試験片)、窒化処理を全く施さない素材のままの試験片(無処理試験片)および試験前に窒化処理を施し、再窒化処理を施さない試験片(窒化処理試験片)におけるクラック数を比較したものである。各試験片とともに上記熱疲労試験において15×10<sup>3</sup>サイクル後における結果である。クラック数は、無処理試験片の545本に対して窒化処理試験片は515本であり、クラック抑制効果が認められた。再窒化処理試験片は139本であり、窒化処理試験片と比較して非常に大きなクラック抑制効果が認められた。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】ダイカスト金型の試験片の形状を示す平面図と側面図である。

【図2】上記試験片の熱処理条件を示す工程図である。

【図3】上記熱処理を行なった後の窒化処理条件を示す工程図である。

【図4】熱疲労試験過程における試験片表面の残留応力

の変化を示すグラフである。

【図5】熱疲労試験過程における回折線の半価幅変化を示すグラフである。

【図6】熱疲労試験過程において、 $5 \times 10^3$ サイクル毎に発生した試験片のクラック数を示すグラフである。

【図7】窒化処理又は再窒化処理の有無による試験片の

クラック数を比較したグラフである。

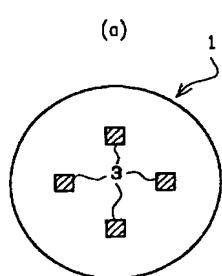
【符号の説明】

1 試験片

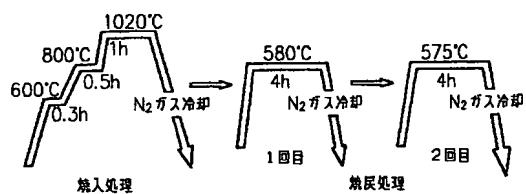
2 保持部

3 測定点

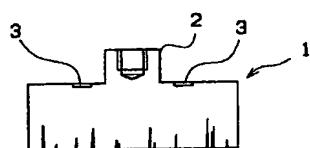
【図1】



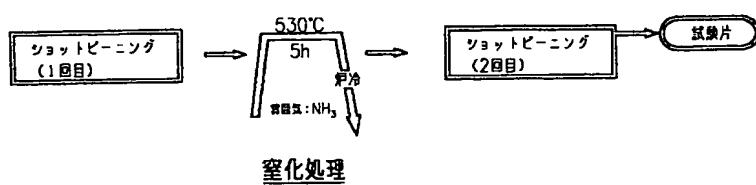
【図2】



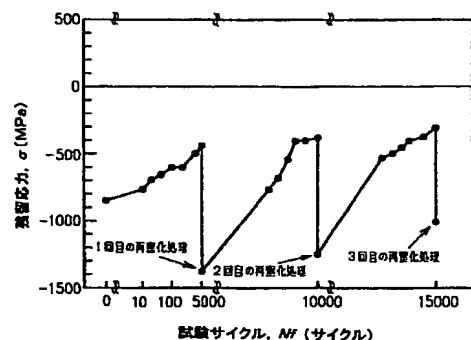
(b)



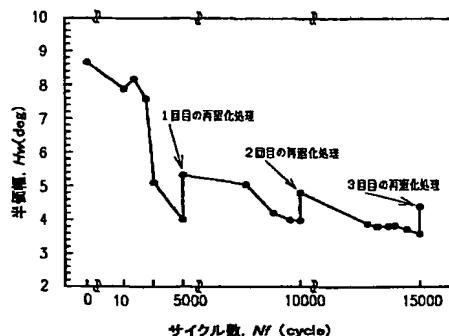
【図3】



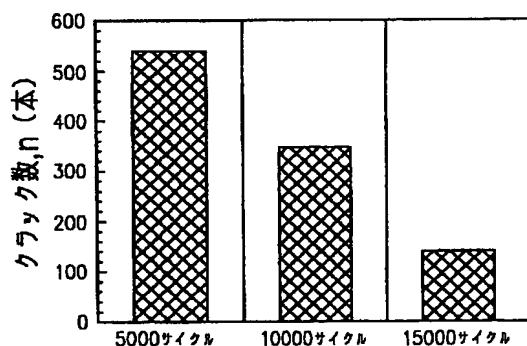
【図4】



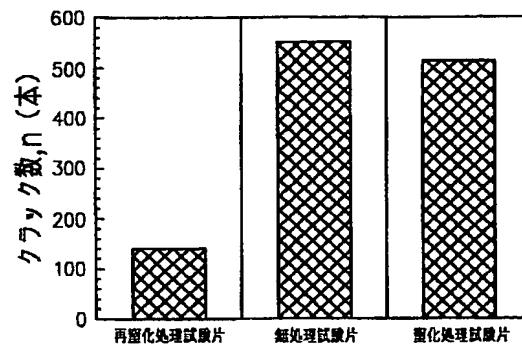
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.7

B 24 C 1/10  
C 21 D 7/06

識別記号

F I

B 24 C 1/10  
C 21 D 7/06

テマコード(参考)

F  
A